

(11)特許出願公開番号

特開平7-294250

(43)公開日 平成7年(1995)11月10日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

G01C 3/06

P

G01B 11/26

H

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願平6-92411

(22)出願日 平成6年(1994)4月28日

(71)出願人 000129253

株式会社キーエンス

大阪府高槻市明田町2番13号

(72) 発明者 秋柴 雄二

大阪府高槻市明田町 2 番 13 号 株式会社キ
ーエンス内

(72)発明者 秋山 雅彦

大阪府高槻市明田町2番13号 株式会社キ
ーエンス内

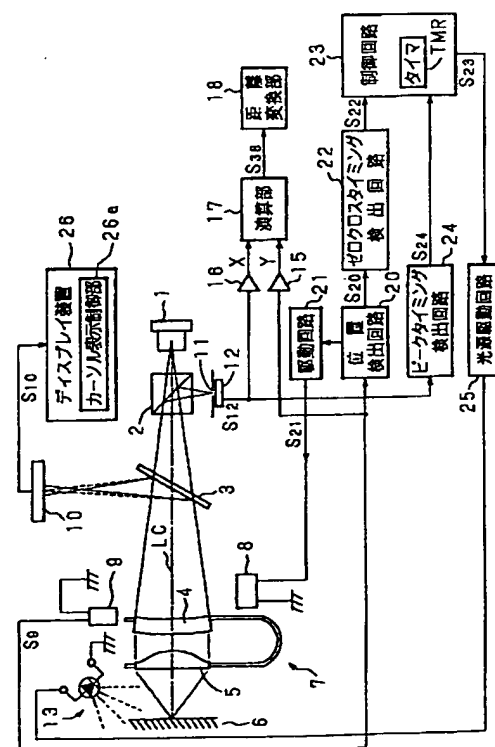
(74)代理人 弁理士 河野 登夫

(54) 【発明の名称】 変位計

(57) 【要約】

【目的】 被測定物の表面の変位を測定できるとともに、変位を測定している面の傾きを表示できる変位計を提供する。

【構成】 被測定物 6 に光を投射する光源 1 と、光源 1 から出射する光の波長より長い波長の光を、被測定物 6 に照射する撮像用光源 13 と、被測定物 6 からの光源 1 の光の反射光及び撮像用光源 13 の光の反射光が通る対物レンズ 5 と、対物レンズ 5 を通った夫々の光の反射光が入射するハーフミラー 3 と、ハーフミラー 3 で反射した光が投射され、被測定物の表面像を撮像する画像受光素子 10 とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1光源が出射した光を対物レンズを通して被測定物に投射し、該対物レンズを通った被測定物からの反射光を受光部で受光して、被測定物の表面の変位を測定する変位計であって、前記第1光源が出射する光の波長と異なる波長の光を前記被測定物へ照射する第2光源と、被測定物で反射した第1光源及び第2光源からの光が前記対物レンズを通過して投射され、第2光源からの光の反射光による被測定物表面の像を撮像する撮像部と、該撮像部で得た像に第1光源からの光の集光位置と比較するための印を重ねて表示させ得る信号を作成する手段とを備えることを特徴とする変位計。

【請求項2】 第1光源が出射した光を、該光の光軸方向に所定振幅で振動する対物レンズを通して被測定物に投射し、該対物レンズを通った被測定物からの反射光を受光部で受光して、該受光部の受光出力最大時点における対物レンズの位置に基づいて被測定物の表面の変位を測定する変位計であって、第1光源が出射する光の波長と異なる波長の光を被測定物へ照射する第2光源と、被測定物で反射した第1光源及び第2光源からの光が前記対物レンズを通過して投射され、第2光源からの光の反射光による被測定物表面の像を撮像する撮像部と、該撮像部で得た像に第1光源からの光の集光位置と比較するための印を重ねて表示させ得る信号を作成する手段とを備えることを特徴とする変位計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、被測定物の表面の変位を測定できるとともに表面の傾きを表示できる変位計に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 金属、樹脂等の被測定物の表面の変位を測定する装置として、例えば合焦点検出型非接触変位計が実用されている。図10は本願出願人が特願平5-257255号により特許出願している変位測定方法を実施するための変位計の模式図である。光源Cからの出射光はビームスプリッタD、コリメートレンズL、対物レンズAを通して被測定物Bの表面の変位を測定する位置へ投射されるようになっている。コリメートレンズLは図示しないレンズ駆動手段により光軸方向に振動すべく駆動させられるようになっている。対物レンズAの振幅は、レンズ位置検出手段Gにより検出されるようになっている。被測定物Bの反射光がビームスプリッタDで反射した光はピンホールからなる光絞り部Hを通過して受光素子Eに入射するようになっている。

【0003】 次にこの非接触変位計の動作を説明する。光源Cからの出射光をビームスプリッタD、コリメートレンズL、対物レンズAを通して被測定物Bに投射し、コリメートレンズL及び対物レンズAを所定振幅で矢符で示す光軸方向に振動させると、レンズ位置検出手段G

の検出力は、対物レンズAの位置に応じた変化をして、対物レンズAの位置は横軸を時間とし、縦軸を対物レンズの位置としている図11の曲線Qのように変化する。また、被測定物Bからの反射光はビームスプリッタDで反射して光絞り部Hを通過して受光素子Eに入射する。そして対物レンズAの振動の1周期内に被測定物Bに投射した光の合焦点が被測定物Bに2回生じ、合焦点が生じる都度、受光素子Eの受光量、つまり受光出力が最大になる。即ち、対物レンズAと被測定物Bとが所定距離になったときに被測定物Bに合焦点が生じる。

【0004】 ここで、被測定物Bの表面の変位（高さ）が高、中、低の3段階であるとして、その低の高さ位置に光を投射している場合は、対物レンズAが被測定物Bに最接近する前、後の各時点で被測定物Bに合焦点が生じて受光素子Eの受光出力が最大となり、図12(a)に示すように合焦点検出信号Z、Zが発生する。また中の高さ位置に光を投射している場合は、対物レンズAが被測定物Bに最接近する時点と最離反する時点との中間時点で被測定物Bに合焦点が生じて受光素子Eの受光出力が最大となり、図12(b)に示すように合焦点検出信号Z、Zが発生する。更に、高の高さ位置に光を投射している場合は、対物レンズAから被測定物Bに最離反する前、後の時点で、被測定物Bに合焦点が生じて受光素子Eの受光出力が最大となり、図12(c)に示すように合焦点検出信号Z、Zが発生する。

【0005】 このようにして、合焦点検出信号Z、Zが発生した時点の対物レンズAの位置、光学系の基準位置から被測定物Bまでの距離に対応することになり、被測定物Bを光軸と直交する方向へ移動させると、被測定物Bの表面の変位を測定できる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このようにして、前述した変位計では被測定物の表面の変位を測定することができるが、変位を測定している被測定物の表面の傾きを識別することができないという問題がある。本発明はかかる問題に鑑み被測定物の表面の変位を測定できるとともに、測定点の傾きを識別できる変位計を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 第1発明に係る変位計は、第1光源が出射した光を対物レンズを通して被測定物に投射し、該対物レンズを通った被測定物からの反射光を受光部で受光して、被測定物の表面の変位を測定する変位計であって、前記第1光源が出射する光の波長と異なる波長の光を前記被測定物へ照射する第2光源と、被測定物で反射した第1光源及び第2光源からの光が前記対物レンズを通過して投射され、第2光源からの光の反射光による被測定物表面の像を撮像する撮像部と、該撮像部で得た像に第1光源からの光の集光位置と比較するための印を重ねて表示させ得る信号を作成する手段とを

備えることを特徴とする。

【0008】第2発明に係る変位計は、第1光源が出射した光を、該光の光軸方向に所定振幅で振動する対物レンズを通して被測定物に投射し、該対物レンズを通った被測定物からの反射光を受光部で受光して、該受光部の受光出力最大時点における対物レンズの位置に基づいて被測定物の表面の変位を測定する変位計であって、第1光源が出射する光の波長と異なる波長の光を被測定物へ照射する第2光源と、被測定物で反射した第1光源及び第2光源からの光が前記対物レンズを通過して投射され、第2光源からの光の反射光による被測定物表面の像を撮像する撮像部と、該撮像部で得た像に第1光源からの光の集光位置と比較するための印を重ねて表示させ得る信号を作成する手段とを備えることを特徴とする。

【0009】

【作用】第1発明では第1光源からの出射光を対物レンズを通して被測定物に投射し、その出射光の合焦点が被測定物に生じる。対物レンズを通った被測定物からの反射光を受光部が受光して、被測定物の表面の変位を測定する。

【0010】第2光源からの出射光が被測定物で反射した光が対物レンズを通過して撮像部へ投射されると、被測定物の表面像が撮像部に結像する。第1光源からの出射光が被測定物で反射した光が、対物レンズを通過して撮像部へ投射されると、対物レンズで色収差が生じて撮像部に輪郭がぼやけた光像が生じる。また第1光源からの出射光が、その光軸と直交する被測定物の表面に投射された場合は、その反射光の光軸は対物レンズの中心を通り、光軸と非直交の被測定物の表面に投射された場合は、その反射光は対物レンズの中心を外れた位置を通過して撮像部に投射され、撮像部に生じる光像の位置が異なる。光軸と直交する面に光を投射して撮像部に得た像に、光像と比較する印を重ねて表示させた後、光軸と非直交の面に光を投射したときには、印に対して光像が離れる。これにより、被測定物の表面の変位を測定でき、また撮像部に生じた光像と印との位置により、被測定物の表面が、第1光源の光軸に対して直交、非直交であるかを識別できる。

【0011】第2発明では、第1光源からの出射光を対物レンズを通して被測定物に投射し、その反射光を受光部が受光する。対物レンズを光軸方向へ振動させると、対物レンズと被測定物との距離が変化し、所定距離に達したとき、被測定物に、投射した光の合焦点が生じ、受光部の受光出力が最大になる。そのときの対物レンズの位置が、光学系の基準位置から被測定物までの距離に対応し、被測定物の表面の変位を測定できる。

【0012】第2光源からの出射光が被測定物で反射した光が、対物レンズを通過して撮像部へ投射されると、被測定物の表面像が撮像部に結像する。第1光源からの出射光が被測定物で反射した光が、対物レンズを通過して撮

像部へ投射されると、対物レンズで色収差が生じて撮像部に輪郭がぼやけた光像が生じる。また、第1光源からの投射光が、その光軸と直交する被測定物の表面に投射された場合は、その反射光は対物レンズの中心を通り、光軸と非直交の被測定物の表面に投射された場合は、その反射光は対物レンズの中心を外れた位置を通過して撮像部に投射され、撮像部に生じる光像の位置が異なる。光軸と直交する面に光を投射して撮像部に得た像に、光像と比較する印を重ねて表示させた後、光軸と非直交の面に光を投射したときには、印に対して光像が離れる。これにより、被測定物の表面の変位を測定でき、また撮像部に生じた光像と印との位置により、被測定物の表面が、第1光源の光軸に対して直交、非直交であるかを識別できる。

【0013】

【実施例】以下本発明をその実施例を示す図面により詳述する。図1は本発明に係る変位計の模式的構成図である。例えば半導体レーザからなる第1光源たる光源1の出射光はビームスプリッタ2、ハーフミラー3、コリメートレンズ4及び対物レンズ5を順次通過して、被測定物6の表面の変位を測定する位置へ投射されるようになっている。コリメートレンズ4は、U字状の音叉7の一侧長寸部の先端側に取付けられており、他側長寸部の先端側には対物レンズ5が取付けられている。音叉7の側方には、音叉7に接近して音叉駆動用の励磁コイル8が配設されている。

【0014】音叉7の一侧長寸部の先端から僅かに離反した位置に音叉7の振動、即ちコリメートレンズ4及び対物レンズ5の位置を検出するレンズ位置検出コイル9が配設されている。対物レンズ5の近傍には、被測定物6を照射する例えば発光ダイオードからなる第2光源たる撮像用光源13が配設されている。撮像用光源13が出射する光の波長は、光源1が出射する光の波長より長い波長に選定されている。

【0015】光源1及び撮像用光源13からの光が被測定物6で反射した反射光は、対物レンズ5及びコリメートレンズ4を通過してハーフミラー3で反射し、ハーフミラー3で反射した光は、例えばCCD(Charge Coupled Device)からなる、撮像部たる画像受光素子10へ投射されるようになっている。ハーフミラー3は、撮像用光源13からの光の反射光に対して大きい反射率に選定され、光源1からの光の反射光に対しては小さい反射率に選定されている。

【0016】画像受光素子10は被測定物6で反射した撮像用光源13の光の反射光の焦点位置に画像受光面を位置させて位置決めされている。また、ハーフミラー3を通過した被測定物6からの光源1の光の反射光はビームスプリッタ2で反射して、例えばピンホールからなる光絞部11を通過して受光素子12へ投射されるようになっている。なおLCは光源1からの出射光の光軸を示している。

10

20

30

40

50

レンズ位置検出コイル9の検出信号 S_{11} は、位置検出回路20及び増幅器15へ入力される。位置検出回路20の出力信号 S_{12} は駆動回路21及びゼロクロスタイミング検出回路22へ入力される。ゼロクロスタイミング検出回路22の出力信号 S_{13} はタイマTMRを内蔵している制御回路23へ入力される。

【0017】駆動回路21の出力信号 S_{14} は励磁コイル8へ入力される。受光素子12の受光出力たる出力信号 S_{15} はピークタイミング検出回路24及び増幅器16へ入力される。ピークタイミング検出回路24の出力信号 S_{16} は制御回路23へ入力される。制御回路23から出力される制御信号 S_{17} は光源駆動回路25へ入力され、その出力信号 S_{18} は撮像用光源13へ入力される。画像受光素子10が出力する画像信号 S_{19} は、例えばCRTを用いたディスプレイ装置26へ入力される。このディスプレイ装置26には、画面の所定位置を指示する印であるカーソルを表示するカーソル表示制御部26aを内蔵している。増幅器15の出力信号Y及び増幅器16の出力信号Xは演算部17へ入力される。演算部17が出力する変位信号 S_{20} は距離変換部18へ入力される。

【0018】図2は演算部17の構成を示すブロック図である。演算部17へ入力される増幅器16(図1参照)の出力信号Xは微分器30と、第1の比較器31の正入力端子+とに入力される。比較器31の負入力端子-には基準電圧 V_{ref} が入力される。微分器30の出力信号 S_{21} は第2の比較器32の負入力端子-へ入力される。比較器32の正入力端子+は接地されている。比較器31, 32の出力信号 S_{22} , S_{23} はAND回路33の一側入力端子、他側入力端子へ各別に入力され、その出力信号 S_{24} はワンショットパルス発生回路34へ入力される。ワンショットパルス発生回路34が出力するワンショットパルス S_{25} は、オン、オフ制御信号としてスイッチSWへ与えられる。

【0019】増幅器15(図1参照)からの出力信号Yは、増幅器35と、スイッチSWとを介して増幅器36へ入力される。増幅器36の入力側はコンデンサ37を介して接地されている。増幅器36とコンデンサ37とによりサンプルホールド回路38を構成しており、増幅器36から変位信号 S_{26} が出力されるようになっている。

【0020】次にこのように構成した変位計の動作を説明する。駆動回路21から励磁コイル8に高周波電流を供給すると、励磁コイル8により磁界が発生し、この磁界により音叉7が所定振幅で振動し、コリメートレンズ4及び対物レンズ5は、それらを通る光源1からの光の光軸方向へ振動する。レンズ位置検出コイル9はコリメートレンズ4及び対物レンズ5の位置(振幅)を検出し、その検出信号 S_{11} を増幅器15で増幅し、増幅器15から出力される出力信号Yを演算部17へ入力する。

【0021】また、光源1から光を出射すると、その光はビームスプリッタ2、ハーフミラー3、コリメートレンズ4及び対物レンズ5を通して被測定物6の表面に投

射される。そして被測定物6で反射した反射光は対物レンズ5、コリメートレンズ4及びハーフミラー3を通してビームスプリッタ2で反射して光絞部11を通して受光素子12へ入射する。これにより受光素子12には被測定物6に生じた合焦点の光のみが入射する。

【0022】ところで、コリメートレンズ4及び対物レンズ5が光軸方向へ振動していることにより、対物レンズ5と被測定物6との距離が変化し、所定距離に達した時点で、光源1から出射した光の合焦点が被測定物6に生じると受光素子12の受光出力が瞬時に最大となり、この受光出力に応じた出力信号 S_{15} が増幅器16へ入力され、増幅器16から図3(a)に示す出力信号Xを出力して演算部17へ入力する。

【0023】このようにして出力信号X、Yが演算部17へ入力されると、出力信号Xは微分器30により微分されて微分器30から図3(b)に示すような逆S字状をした微分波形の出力信号 S_{21} が出力される。そして出力信号Xの最大値が出力信号 S_{22} のゼロクロス時点T。により検出されて、被測定物6に投射した光の合焦点が生じた時点点を正確に検出することになる。この出力信号 S_{21} が比較器32へ入力され、比較器32は出力信号 S_{21} と接地電位とを大小比較して、比較器32から出力信号 S_{23} のゼロクロス時点T。で立上り、出力信号 S_{23} の負の半周期の期間に対応するパルス幅の図3(d)に示すパルスの出力信号 S_{24} を出力する。

【0024】一方、比較器31は出力信号Xと基準電圧 V_{ref} とを大小比較し、比較器31から出力信号Xが基準電圧 V_{ref} 以上にある期間に対応するパルス幅の図3(c)に示す出力信号 S_{25} を出力する。これらの出力信号 S_{22} , S_{25} の論理が成立するとAND回路33から図3(e)に示すパルスの出力信号 S_{26} を出力して、ワンショットパルス発生回路34へ入力する。それによりワンショットパルス発生回路34は、出力信号 S_{26} の立上りに同期して立上る図3(f)に示すワンショットパルス S_{27} を出力する。そしてこのワンショットパルス S_{27} によりスイッチSWをオンさせる。

【0025】そうすると、出力信号Yを増幅した増幅器35の出力信号YがスイッチSWを介してサンプルホールド回路38へ入力され、サンプルホールド回路38は出力信号Yの信号レベルをサンプリングして保持し、増幅器36で増幅して変位信号 S_{26} を出力する。これにより出力信号 S_{26} のゼロクロス時点における出力信号Yのレベル、即ち対物レンズ5の位置(振幅)をサンプリングすることになる。このようにサンプリングした対物レンズ5の位置は、光学系の基準位置から被測定物6までの距離に対応する。そしてサンプリングした変位信号 S_{26} を距離変換部18へ入力して、変位信号 S_{26} を、変位信号 S_{20} に応じた距離に変換して、被測定物6の表面の変位を測定する。

【0026】図4は出力信号Y、ワンショットパルスS

、及び変位信号 S_{11} のタイミングチャートである。前述したように対物レンズ 5 の位置（振幅）に対応して図 4 (a) に示すように出力信号 Y が変化しているときに、被測定物 6 に合焦点が生じた時点で図 4 (b) に示すワンショットパルス S_{11} が発生すると、その時点の出力信号 Y のレベルがサンプリングされる。そして被測定物 6 を光軸 L と直交する方向へ移動させると、被測定物 6 の表面の変位に応じて、変位信号 S_{11} は図 4 (a) に示すように階段状に変化して、変位信号 S_{11} のレベルと、被測定物 6 の表面の変位とが対応する。そのため出力信号 Y のレベルをサンプリングすれば、出力信号 Y のレベルに応じて被測定物 6 の変位を高精度に測定できる。

【0027】一方、レンズ位置検出コイル 9 の出力信号 S_{12} のが位置検出回路 20 へ入力され、その出力信号 S_{13} は図 5 (a) に示すように、対物レンズ 5 の位置に応じてレベルが変化する。また受光素子 12 の出力信号 S_{14} のレベルは、被測定物 6 に投射した光の合焦点が生じた時点で図 5 (b) に示すように瞬時に最大となる。そしてピークタイミング検出回路 24 の出力信号 S_{15} は、図 5 (c) に示すように出力信号 S_{14} の最大時点で立上り所定パルス幅で立下るパルス P_{11} 、 P_{12} となり、制御回路 23 へ入力される。

【0028】更に、位置検出回路 20 の出力信号 S_{13} がゼロクロスタイミング検出回路 22 へ入力されて、出力信号 S_{16} のゼロクロス時点が検出され、その出力信号 S_{17} は図 5 (d) に示すように、出力信号 S_{13} のゼロクロス時点で立上り、次のゼロクロス時点で立下るパルスとなる。これにより制御回路 23 は、出力信号 S_{17} の立上り時点から、制御回路 23 に内蔵しているタイマ TMR を駆動して出力信号 S_{17} の立上り時点から、出力信号 S_{14} のパルス P_{11} の立上り時点までの時間 t_1 、及び出力信号 S_{14} のパルス P_{12} の立上り時点までの時間 t_2 を夫々計時する。続いて、出力信号 S_{16} の 2 周期、即ち 3 回目のゼロクロス時点から時間 t_3 、 t_4 を計時した時点で、制御回路 23 から図 5 (e) に示す制御信号 S_{18} のパルス P_{13} 、 P_{14} を出力し、光源駆動回路 25 へ入力する。そうすると、パルス P_{13} 、 P_{14} に応じて駆動電流が撮像用光源 13 へ供給されて、撮像用光源 13 は出力信号 S_{18} のパルス P_{13} 、 P_{14} に同期して瞬時的に発光する。

【0029】そして、この光が被測定物 6 の表面に瞬時的に照射されて、その反射光が対物レンズ 5 及びコリメートレンズ 4 を通ってハーフミラー 3 へ入射し、ここで反射した光が画像受光素子 10 へ投射され、画像受光素子 10 に被測定物 6 の表面像が結像する。そして画像受光素子 10 が出力する画像信号がディスプレイ装置 26 へ入力されて、ディスプレイ装置 26 の画面には画像受光素子 10 に結像した被測定物 6 の表面像が表示される。そして、制御信号 S_{18} のパルス P_{13} 、 P_{14} は、被測定物 6 に合焦点が生じた時点で最大となる受光素子 12 の出力信号 S_{14} に同期しているため、被測定物 6 に合焦点が生じた時点で

撮像用光源 13 が発光するから、被測定物 6 に光源 1 による光の合焦点が生じている被測定物 6 の表面像がディスプレイ装置 26 の画面に表示される。

【0030】ところで、光源 1 が出射する光の波長と、撮像用光源 13 が出射する光の波長とが異なるために、対物レンズ 5 で色収差が生じ、光源 1 及び撮像用光源 13 からの投射光が被測定物 6 で反射し、対物レンズ 5 を通った光の焦点位置は異なることになる。いま、光源 1 からの出射光が投射されている被測定物 6 の表面が図 6 (a) に示すように、光源 1 からの出射光の光軸 L (図 1 参照) と直交している平坦面 PL の場合は、光源 1 及び撮像用光源 13 からの出射光が被測定物 6 で反射した反射光は対物レンズ 5 の中心を通過して、画像受光素子 10 に投射される。そして光源 1 からの出射光が被測定物 6 で反射した反射光 (実線で表示) は画像受光素子 10 の直前に、その反射光の合焦点が生じる。

【0031】一方、撮像用光源 13 からの出射光が被測定物 6 で反射した反射光 (破線で表示) は画像受光素子 10 に合焦点が生じる。そのため画像受光素子 10 の画像受光面には、光源 1 からの出射光の反射光による径寸法が比較的大きい焦点がぼやけた円形光像 R が生じる。一方、被測定物 6 の表面像が画像受光素子 10 に結像するから、撮像用光源 13 からの出射光の反射光による径寸法が極めて小さい架空のピンポイント光像 r が生じると考えられる。そして、それらの光像が同心状に位置することになる。

【0032】一方、被測定物 6 の表面が図 6 (b) に示すように光源 1 からの出射光の光軸 L (図 1 参照) に対し右側に傾斜した傾斜面 RL である場合は、光源 1 及び撮像用光源 13 からの出射光が被測定物 6 の傾斜面 RL で反射した反射光は対物レンズ 5 の中心を外れた傾斜面 RL が傾いている側の位置を通過して、画像受光素子 10 に投射される。そして、光源 1 からの出射光が被測定物 6 で反射した反射光 (実線で表示) は画像受光素子 10 の直前にその反射光の合焦点が生じる。一方、撮像用光源 13 からの出射光が被測定物 6 で反射した反射光 (破線で表示) は画像受光素子 10 に合焦点が生じる。

【0033】そのため、画像受光素子 10 の画像受光面には、光源 1 からの出射光の反射光による径寸法が比較的大きい焦点がぼやけた円形光像 R が生じる。一方、被測定物 6 の表面像が画像受光素子 10 に結像するから、撮像用光源 13 からの出射光の反射光による径寸法が極めて小さい架空のピンポイント光像 r が生じると考えられる。そして被測定物 6 からの反射光が対物レンズ 5 の中心から右側へ外れたことにより、円形光像 R はピンポイント光像 r の左側に生じて、それらの光像の位置が異なることになる。

【0034】更に、被測定物 6 の表面が図 6 (c) に示すように光源 1 からの出射光の光軸 L (図 1 参照) に対し左側に傾斜した傾斜面 LL である場合は、光源 1 及び撮像

10

20

30

40

50

用光源13の出射光が被測定物6の傾斜面LLで反射した反射光は対物レンズ5の中心を外れた傾斜面LLが傾いている側の位置を通して画像受光素子10に投射される。そして、光源1からの出射光が被測定物6で反射した反射光(実線で表示)は画像受光素子10の直前に、その反射光の合焦点が生じる。

【0035】一方、撮像用光源13からの出射光が被測定物6で反射した反射光(破線で表示)は、画像受光素子10に合焦点が生じる。そのため画像受光素子10の画像受光面には、光源1からの出射光の反射光による径寸法が比較的大きい焦点がぼやけた円形光像Rが生じる。一方被測定物6の表面像が画像受光素子10に結像するから撮像用光源13からの出射光による径寸法がか極めて小さい架空のピンポイント光像rが生じると考えられる。そして被測定物6からの反射光が対物レンズ5の中心から左側へ外れたことにより円形光像Rはピンポイント光像rの右側に生じて、それらの光像の位置が異なることになる。

【0036】このようにして、円形光像Rの位置に基づいて、被測定物6に光源1からの出射光を投射している面が光源1からの出射光の光軸LCに対して直交している平坦面であるか、光軸LCに対して非直交の傾斜面であるのかを識別できる。

【0037】そして、この画像受光素子10が出力する画像信号をディスプレイ装置26へ入力するとその画面には画像受光素子10に生じた結像及び円形光像Rを表示できる。次にこのようにして画面に表示された画像により被測定物の表面の傾きを識別する方法を図7及び図8により説明する。

【0038】まず、光源1からの出射光を、光源1からの出射光の光軸LCに対して直交した平坦な基準面に投射する。そうすると図6(a)に示すように画像受光素子10に光源1からの出射光の反射光による焦点がぼやけた円形光像Rが生じ、その円形光像Rがディスプレイ装置26の画面に表示される。そこで、ディスプレイ装置26におけるカーソル表示制御部26aにより画面にカーソルCSRを表示させて、図8(b)に示すようにそのカーソルCSRを、表示されている円形光像Rと重なるように同位置に移動し固定する。

【0039】さて、図7に示すように被測定物6の表面の例えば傾斜面RLに光源1からの出射光が投射され、また撮像用光源13が発光すると、図6(b)に示すようにして画像受光素子10に、光源1からの出射光の反射光による焦点がぼやけた円形光像Rが生じ、また撮像用光源13からの出射光の反射光による被測定物6の表面像が結像する。そして円形光像Rは図6(a)の場合に比べて左寄りに生じ、画像受光素子10に生じた光像位置が反転してディスプレイ装置26の画面には、図8(c)に示すように被測定物6の表面像とともに、カーソルCSRの右側に円形光像Rが表示される。これにより、カーソルCSRと円

形光像Rとの位置の異なりを見て、表面の変位を測定している面が右下りの傾斜面RLであることを識別できる。

【0040】次に図7に示す被測定物6の表面の平坦面FLに光源1の出射光が投射され、撮像用光源13が発光すると、図6(a)に示すようにして画像受光素子10に、光源1からの出射光による焦点がぼやけた円形光像Rが生じ、また撮像用光源13からの出射光の反射光による被測定物6の表面像が結像する。そして円形光像Rは図6(b)の場合に比べて右寄りに移動して、画像受光素子10に生じた光像位置が反転してディスプレイ装置26の画面には図8(b)に示すように被測定物6の表面像が表示されるとともに、円形光像RがカーソルCSRと同位置に表示される。これにより表面の変位を測定している面が基準面と同様に光源1からの出射光の光軸LCと直交した平坦面FLであることを識別できる。

【0041】次に図7に示す被測定物6の表面の傾斜面LLに光源1からの出射光が投射されるとともに、撮像用光源13が発光すると、図6(c)に示すようにして画像受光素子10に、光源1からの出射光の反射光による焦点がぼやけた円形光像Rが生じ、また撮像用光源13からの出射光の反射光による被測定物6の表面像が結像する。そして円形光像Rは図6(a)の場合に比べて右寄りに生じ、画像受光素子10に生じた光像位置が反転してディスプレイ装置26の画面には図8(a)に示すように被測定物6の表面像が表示されるとともに、カーソルCSRの左側に円形光像Rが表示される。これにより、カーソルCSRと円形光像Rとの位置の異なりを見て表面の変位を測定している面が左下りの傾斜面LLであることを識別できる。

【0042】また、被測定物6の表面の傾きの程度は、画面に表示した円形光像RとカーソルCSRとの間の距離に対応し、円形光像RとカーソルCSRとの距離から変位を測定している表面の傾きの程度を識別できる。

【0043】図9はハーフミラー3の反射率特性を示した特性図であり、横軸を波長とし、縦軸を反射率としている。光源1からの出射光が被測定物6で反射した反射光のハーフミラー3における反射率が大きい場合には、光源1からの出射光が被測定物6で反射した反射光が多量に画像受光素子10へ投射されることになり、画像受光素子10の受光量が過大になって、ディスプレイ装置26の画面が明る過ぎることになって、円形光像Rの表示ができず、被測定物6の表面の傾きを識別できなくなる。

【0044】そこで図9に示すように撮像用光源13からの出射光の反射光がハーフミラー3で反射する反射率を撮像用光源13の光 L_1 の波長で最大になるようにし、それより波長が長く、また短くなるにしたがって反射率が急激に低下する反射率曲線CCのように選定している。そして光源1からの光 L_1 はハーフミラー3の極めて小さい反射率で反射させている。このようにして、光源1からの出射光の反射光が画像受光素子10へ投射される量を

11

少なくなるよう2つの光源から出射される光の波長を選定して、画面に円形光像Rを適正に表示させるようにしている。本実施例では画像受光素子にCCDを用いたが、CCD以外の画像受光素子であっても同様の効果が得られる。

【0045】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、被測定物の表面の変位を測定できるとともに、変位を測定している面が、被測定物の表面の変位を測定する光源の光軸に対して直交、非直交であるかを識別できる。また、その識別により被測定物の表面の頂点を簡単に探すことができる変位計を提供できる優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る変位計の模式的構成図である。

【図2】演算部の構成を示すブロック図である。

【図3】演算部における各部信号のタイミングチャートである。

【図4】演算部における各部信号のタイミングチャートである。

12

【図5】各部信号のタイミングチャートである。

【図6】対物レンズでの色収差により円形光像が生じる状態の説明図である。

【図7】被測定物の断面図である。

【図8】ディスプレイ装置の画面の表示状態図である。

【図9】ハーフミラーの反射率特性図である。

【図10】従来の変位計の模式的構成図である。

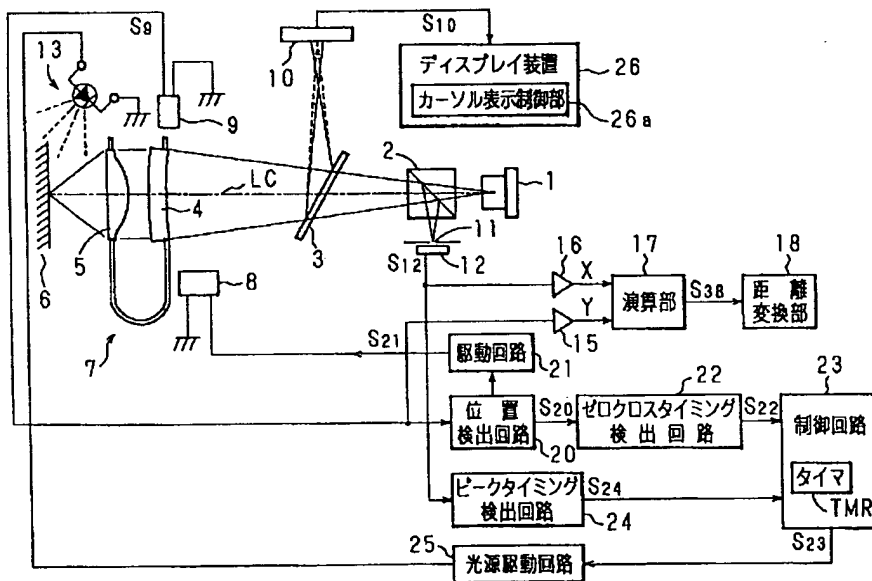
【図11】対物レンズの振幅を示す信号の波形図である。

【図12】合焦点が生じたときの受光部の受光量変化と対物レンズの振幅との関係を示す波形図である。

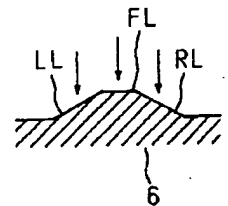
【符号の説明】

- 1 光源
- 3 ハーフミラー
- 5 対物レンズ
- 6 被測定物
- 10 画像受光素子(CCD)
- 12 受光素子
- 13 撮像用光源

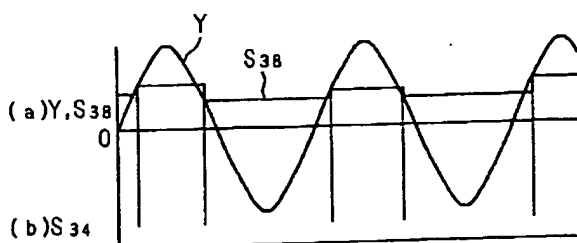
【図1】



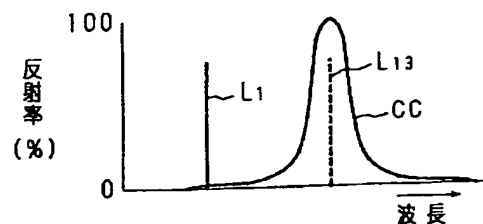
【図7】



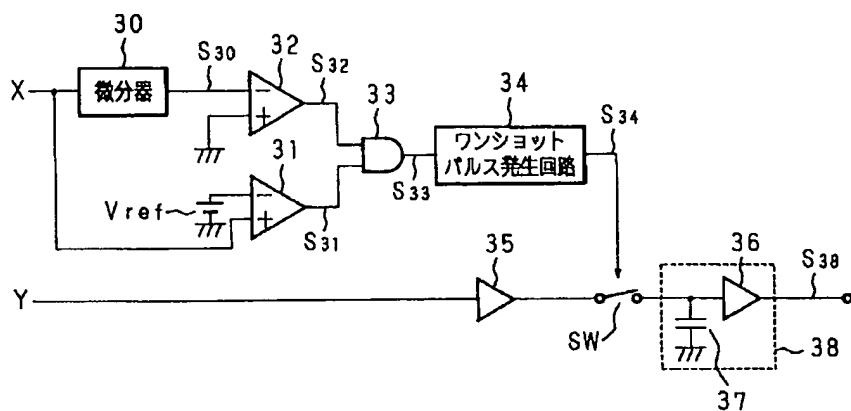
【図4】



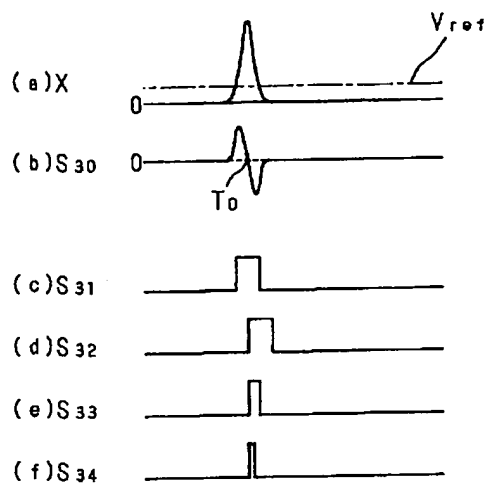
【図9】



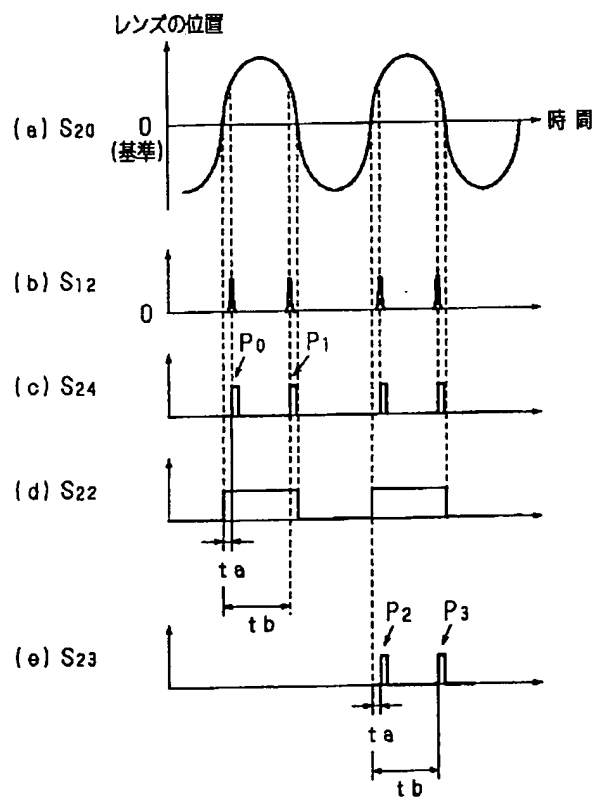
【図 2】



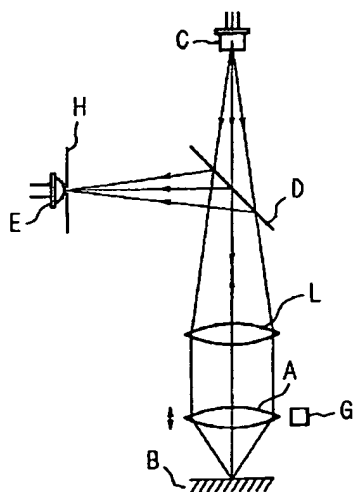
【図 3】



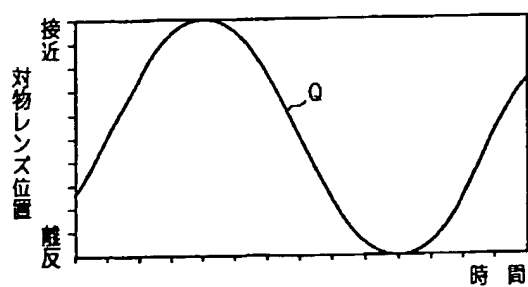
【図 5】



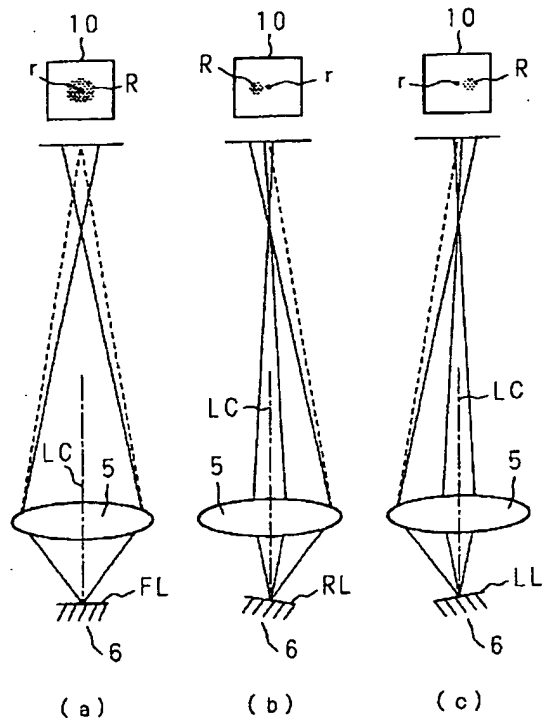
【図 10】



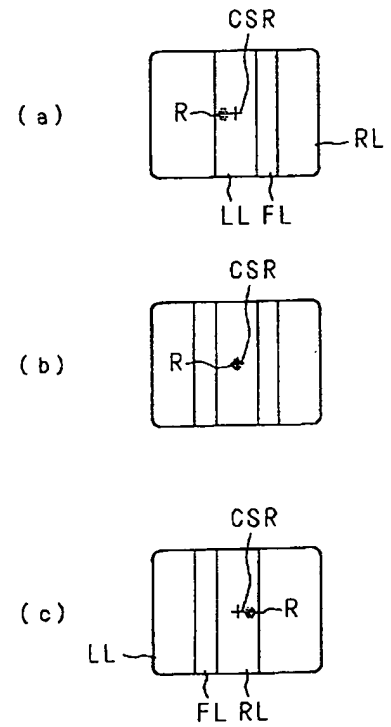
【図 11】



【図 6】



【図 8】



【図 12】

